

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-131290

(P2000-131290A)

(43) 公開日 平成12年5月12日 (2000. 5. 12)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 1 N 29/12

識別記号

F I

G 0 1 N 29/12

テーマコード (参考)

2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平10-301537

(22) 出願日 平成10年10月23日 (1998. 10. 23)

(71) 出願人 000006013

三菱電機株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号

(72) 発明者 池田 昌広

東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三

菱電機株式会社内

(72) 発明者 大橋 一夫

東京都千代田区大手町二丁目6番2号 三

菱電機エンジニアリング株式会社内

(74) 代理人 100102439

弁理士 宮田 金雄 (外2名)

BEST AVAILABLE COPY

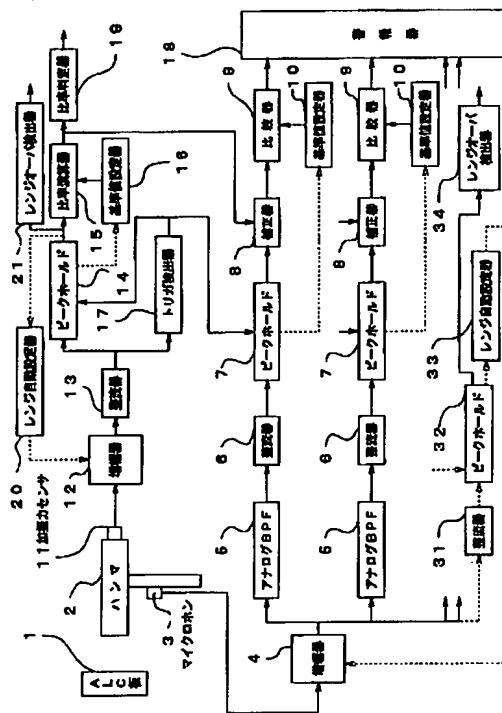
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 コンクリートの非破壊検査装置

(57) 【要約】

【課題】 コンクリート製品の内部クラックを精度良く確実に検出することができるコンクリートの非破壊検査装置を得る。

【解決手段】 ALC板1にハンマ2にて外力を加え打音を発生させた際の外力を加振力センサ11にて検出し比率演算器15にて外力基準値との比率を求める。また、ALC板1に発生した打音をマイクロホン3にて検出し、アナログBPF5により各周波数帯域毎の時系列信号に分離し、さらに整流してピークホールド7にて各周波数帯域における瞬間的な最大値を抽出する。その最大値を比率演算器15にて算出した比率を基に補正し、比較器9において予め設定された振動基準値と比較して所定の関係から外れたとき比較結果信号を出し、警報器18は比較結果信号の数が、例えば3個以上の場合、警報する。複数の周波数帯域毎の時系列信号の最大値を抽出して比較するので、判定の信頼性が向上する。



**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】 外力を加えられたコンクリートから発生する振動を振動信号として検出する信号検出手段と、上記振動信号を複数の所定の周波数帯域毎の時系列信号に変換する変換手段と、上記時系列信号の最大値を上記周波数帯域毎に抽出する抽出手段と、上記各最大値をあらかじめ設定された上記周波数帯域毎の振動基準値と比較する比較手段とを備えたコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 2】 変換手段は振動信号の所定の周波数帯域の周波数成分を通過させる複数の帯域フィルタであり、抽出手段は上記各帯域フィルタを通過した上記周波数成分を整流しこの整流された周波数成分の各ピーク値の内最大のものを各々最大値として抽出するものであることを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 3】 変換手段は振動信号をウェーブレット変換するウェーブレット変換手段であり、抽出手段は上記ウェーブレット変換手段による変換結果に基づき周波数帯域毎の最大値を抽出するものであることを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 4】 変換手段は振動信号を短時間高速フーリエ変換する短時間高速フーリエ変換手段であり、抽出手段は上記短時間高速フーリエ変換手段による変換結果に基づき周波数帯域毎の最大値を抽出するものであることを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 5】 加えられた外力の大きさを検出する外力検出手段を設けるとともに、外力の大きさに応じて振動信号、時系列信号、最大値、及び振動基準値の少なくとも 1 つを補正する補正手段を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 6】 加えられた外力の大きさを検出する外力検出手段を設けるとともに、外力の大きさが所定値を超えたとき信号検出手段、変換手段、抽出手段、及び比較手段の少なくとも 1 つの動作の開始を指令する指令手段を設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 7】 加えられた外力の大きさを外力信号として検出する外力検出手段を設けるとともに、上記外力信号を予め設定された外力基準値にて除した比率を求める比率演算手段と、上記比率に基づき振動信号と時系列信号と最大値と振動基準値とのうちの少なくとも 1 つを補正することにより比較手段における最大値と振動基準値との関係を変更する補正手段と、上記比率が所定範囲内であるか否かを判定する比率判定手段とを設けたことを特徴とする請求項 1 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 8】 外力信号を増幅して増幅外力信号として出力する外力信号増幅手段と振動信号を増幅して増幅振

動信号として出力する振動信号増幅手段とを設け、比率演算手段を上記増幅外力信号を外力信号として用いるものとし、変換手段を上記増幅振動信号を振動信号として用いるものとし、上記増幅外力信号と上記増幅振動信号との少なくとも一方の波高値が所定値を超えたことを検出するレンジオーバー検出手段を設けたことを特徴とする請求項 7 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 9】 外力信号増幅手段と振動信号増幅手段との少なくとも一方の増幅率を自動的に設定する増幅率自動設定手段を設けたことを特徴とする請求項 8 に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

【請求項 10】 比較手段は、コンクリートの状態が所定の状態のときに得られる振動信号に基づいて設定された振動基準値に基づき比較を行うものであることを特徴とする請求項 1～請求項 9 のいずれか 1 項に記載のコンクリートの非破壊検査装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】この発明は、コンクリートの内部クラックを検出する装置に関し、特に検査の信頼性を向上させることのできるコンクリートの非破壊検査装置に関するものである。

**【0002】**

【従来の技術】従来のコンクリートの非破壊検査装置として、例えば特開平 5-20097 号公報に示されたものがある。これは、打撃装置により ALC 製品を軽打し、発生する打撃音を騒音計にて検出し、騒音計から出力される音圧の大きさに見合った電圧信号のピーク値を読みとり、高速フーリエ変換器（以下 FFT と称す）にて所定の周波数成分を取り出す。そして、取り出した波形を表示装置に表示する。

【0003】検査の対象物である ALC 製品の端部から中央部に向けて順に打撃していくと、内部にクラックがある場合、その音圧波形が変化する。この音圧波形の変化を判断し、製品愛撫の欠陥の有無を判定する。

**【0004】**

【発明が解決しようとする課題】上記のような従来のコンクリートの非破壊検査装置においては、打撃により発生した音圧信号における最大値を比較しているだけであるので、複合周波数を特徴とする打音の検査では主成分以外の周波数に異常の特徴が現れる場合には正確に異常を検出することができなかった。

【0005】また、周波数帯域の最大レベルを評価対象としているため、打音の特徴でもある、瞬間的に大きく発生した音圧と余韻が長くレベルの低い音圧とを区別することができないという問題があった。

【0006】この発明は上記のような課題を解決するためになされたものであり、次のようなコンクリートの非破壊検査装置を得ることを目的とする。

a. 打撃により発生した振動の状態と基準状態とを比較

して検査の信頼性を向上させることができる。

b. 安価で高速処理ができる。

c. 小形化でき、条件の変更に柔軟に対応できる。

【0007】d. 対象物に加えられる外力のばらつきの影響を防止できる。

e. 周囲からの騒音やノイズによる影響を防止できる。

また、さらなる改良として、

f. 適正範囲を外れた外力を与えた場合や入力に適正レンジを超えたことを知ることができる。

g. 増幅器の増幅率を適切な値に容易に設定できる。

h. 振動基準値を容易かつ的確に設定でき、検査の信頼性を向上させることができる。

#### 【0008】

【課題を解決するための手段】上記のような目的を達成するために、この発明にかかるコンクリートの非破壊検査装置においては、外力を加えられたコンクリートから発生する振動を振動信号として検出する信号検出手段と、振動信号を複数の所定の周波数帯域毎の時系列信号に変換する変換手段と、時系列信号の最大値を周波数帯域毎に抽出する抽出手段と、各最大値をあらかじめ設定された周波数帯域毎の振動基準値と比較する比較手段とを設けたものである。振動信号を複数の周波数帯域毎の時系列信号に変換し、この各時系列信号における最大値を各々抽出するので、振動信号の周波数分解能が向上するとともに、時系列信号のなかから感度よく最大値を抽出できる。従って、打撃の特徴でもある発生直後の大きな音あるいは振動の特徴を的確に把握して比較を行うことができる。

【0009】また、変換手段は振動信号の所定の周波数帯域の周波数成分を通過させる複数の帯域フィルタであり、抽出手段は各帯域フィルタを通過した周波数成分を整流しこの整流された周波数成分の各ピーク値の内最大のものを各々最大値として抽出するものであることを特徴とする。変換手段を帯域フィルタとすると、処理を高速に行うことができ、装置も簡易で、安価になる。特に、アナログ帯域フィルタとすると、処理を高速化できる。デジタル帯域フィルタとすると、小形化でき、条件の変更に柔軟に対応できる。また、抽出手段は整流された周波数成分から最大値を抽出するので、振動信号の負符号部に最大値がある場合でも検出でき、振動信号が急激に減衰する場合でも的確に比較できる。

【0010】さらに、変換手段は振動信号をウェーブレット変換するウェーブレット変換手段であり、抽出手段はウェーブレット変換手段による変換結果に基づき周波数帯域毎の最大値を抽出するものであることを特徴とする。ウェーブレット変換手段とすると、各周波数帯域毎の時系列信号に分離する際の特性を向上させることができ、検査の信頼性が向上する。

【0011】そして、変換手段は振動信号を短時間高速フーリエ変換する短時間高速フーリエ変換手段であり、

抽出手段は短時間高速フーリエ変換手段による変換結果に基づき周波数帯域毎の最大値を抽出するものであることを特徴とする。短時間高速フーリエ変換手段を用いると、周波数の分解能が向上する。

【0012】さらに、加えられた外力の大きさを検出する外力検出手段を設けるとともに、外力の大きさに応じて振動信号、時系列信号、最大値、及び振動基準値の少なくとも1つを補正する補正手段を設けたことを特徴とする。外力の大きさに応じて補正し、比較手段における比較において外力の大きさのばらつきの影響を受けるのを防止する。また、例えば周波数帯域毎に外力に応じて異なる補正をすることにより、加えられた外力に応じて周波数成分の分布が変化するような複雑な構造を持つ対象物に対しても高い信頼度で比較できる。

【0013】また、加えられた外力の大きさを検出する外力検出手段を設けるとともに、外力の大きさが所定値を超えたとき信号検出手段、変換手段、抽出手段、及び比較手段の少なくとも1つの動作の開始を指令する指令手段を設けたことを特徴とする。指令が出されるまで動作を開始しないので、指令がないときの周囲の騒音、振動、雑音等を振動信号として誤って処理をするおそれがない。従って、これらによる影響を防止でき、検査の信頼性が向上する。

【0014】さらに、加えられた外力の大きさを外力信号として検出する外力検出手段を設けるとともに、外力信号を予め設定された外力基準値にて除した比率を求める比率演算手段と、上記比率に基づき振動信号と時系列信号と最大値と振動基準値とのうちの少なくとも1つを補正することにより比較手段における最大値と振動基準値との関係を変更する補正手段と、上記比率が所定範囲内であるか否かを判定する比率判定手段とを設けたことを特徴とする。比率演算手段にて外力と外力基準値との比率が所定範囲内であるか否か、つまり対象物に与える外力、つまり加振力が小さすぎたり大きすぎたりしないかを判定し、この範囲外となるような不適切な外力を与えたことが判るようにする。加振力が小さすぎたり大きすぎたりすると、対象物が発する振動の周波数特性が異なる場合などに、誤った判定を防止できる。不適切な外力を与えたことが判れば再度外力を与えればよいので、それほど神経を使うことなく操作でき、操作性も向上する。

【0015】さらに、外力信号を増幅して増幅外力信号として出力する外力信号増幅手段と振動信号を増幅して増幅振動信号として出力する振動信号増幅手段とを設け、比率演算手段を増幅外力信号を外力信号として用いるものとし、変換手段を増幅振動信号を振動信号として用いるものとし、増幅外力信号と増幅振動信号との少なくとも一方の波高値が所定値を超えたことを検出するレンジオーバー検出手段を設けたことを特徴とする。測定の信頼性を確保するために、増幅外力信号や増幅振動信号

が所定値を超えたことを、すなわち外力信号増幅手段や振動信号増幅手段が飽和するような大きな信号が入力されたことを検出する。

【0016】また、外力信号増幅手段と振動信号増幅手段との少なくとも一方の増幅率を自動的に設定する増幅率自動設定手段を設けたことを特徴とする。増幅外力信号や増幅振動信号が適切な出力範囲となるように増幅率を容易に設定することができ、操作性が向上する。また、S/N比の低下を防止でき検査の信頼性も向上する。

【0017】そして、比較手段は、コンクリートの状態が所定の状態のときに得られる振動信号に基づいて設定された振動基準値に基づき比較を行うものであることを特徴とする。コンクリートの状態に即した振動基準値を容易に設定することができ、検査の信頼性が高くなる。

【0018】

【発明の実施の形態】実施の形態1. 以下、この発明の実施の一形態を図1の構成図に基づいて説明する。図において、1は対象物であるコンクリートのALC板、2はALC板1を打撃し打音を発生させるハンマ、11はハンマ2に取り付けられALC板1に与えた外力としての加振力を電気信号に変換する外力検出手段としての加振力センサである。12は加振力センサ11で変換された電気信号を増幅する増幅器、13は増幅器12で増幅された信号を直流に変換する整流器である。

【0019】14は整流器13から出力される直流信号の最大値を保持するピークホールド、15はピークホールド14の出力と基準値設定器16に格納された外力基準値との比率を求める比率演算器である。17は整流器13の出力する直流信号からトリガを検出するトリガ検出器である。

【0020】19は比率演算器15により求められた比率を判定する比率判定器である。20はピークホールド14から出力された最大値から増幅器12の増幅率を自動的に設定するレンジ自動設定器である。21はピークホールド14から出力された最大値からレンジオーバーを検出するレンジオーバー検出器である。

【0021】3はハンマ2に取り付けられ打撃されたALC板が発する打音を電気信号に変換する信号検出手段としてのマイクロホン、4はマイクロホン3で変換された電気信号を増幅する増幅器である。5は増幅器4から得られる信号を各周波数帯毎に分離する変換手段としてのアナログBPFである。このアナログBPF5は、例えば人間の可聴域である20Hz~20kHzをほぼ網羅すべく31.25Hz~16kHzまでの9オクターブ分を対象とし、1/3オクターブ毎の分解能を与えるとして全28バンド分設ける。

【0022】6はアナログBPF5から得られる各周波数帯毎の信号を整流して直流に変換する整流器である。7は整流器6からの出力の最大値を保持する抽出手段と

してのピークホールド、8は比率演算器15から得られる比率からピークホールド7が出力する最大値を補正する補正器である。9は補正器8の出力と基準値設定器10に格納された振動基準値としての音圧基準値とを所定の方法で、つまり所定の比較基準で照らして比較する比較器である。18は各比較器9からの比較結果を基に全体の判定を行い異常であると判定したとき警報を出力する判定手段としての警報器である。

【0023】31は増幅器14で増幅された信号を直流に変換する整流器である。32は整流器31からの出力の最大値を保持するピークホールド、33はピークホールド32から出力された最大値から増幅器4の増幅率を自動的に設定するレンジ自動設定器である。34はピークホールド32から出力された最大値からレンジオーバーを検出するレンジオーバー検出器である。

【0024】次に動作として基準となる対象物を用いて外力基準値及び音圧基準値を設定する基準値設定モードについて説明する。まず、増幅器4及び増幅器12の増幅率を最小とする。この状態で対象物である欠陥のない健全なALC板1をハンマ2により打撃し、発生した打撃音をマイクロホン3で電気信号に変換し、増幅器4、整流器6、ピークホールド32によりアナログBPFを通さない音圧信号の最大値を求める。ALC板1の健全性は、X線検査や熟練者による打音検査等により確認しておく。

【0025】この最大値をレンジ自動設定器33に入力し適切な計測レンジとなるように増幅器4の利得を設定する。同様に打撃によりハンマに発生した振動を加振力センサ11で電気信号に変換した後、増幅器12、整流器13、ピークホールド14により振動信号の最大値を求める、この最大値をレンジ自動設定器20に入力し適切な計測レンジとなるように増幅器12の利得を設定する。

【0026】適切な計測レンジとは、例えばこの実施の一形態のように加振力の差による補正を行っており、その範囲が1/2~2倍だとすると基準値と比較して最大で2倍の入力を受け付ける必要があるため、この基準値設定モード時に入力される信号レベルが計測レンジの50%となるように利得を設定する。

【0027】このようにして基準値設定モードの最初の1回目の打撃により振動、音両方の増幅率を設定する。

【0028】次に、ハンマ2により対象物として基準とする先ほどの健全なALC板1を打撃する。このときハンマ2に発生した振動を加振力センサ11で電気信号に変換し、増幅器12で、基準値設定モードの最初の1回目の打撃により設定された利得を与える。この増幅された信号は整流器13で直流に変換される。トリガ検出器17は整流器13からの直流信号とあらかじめ設定された基準値と比較を行い、直流信号がこの基準値を超えたときトリガ出力を行う。

【0029】ピークホールド14は、整流器13から入力される直流信号の最大値を記録する。このとき、ピークホールド14の動作開始はトリガ検出器17からのトリガ信号により行われる。こうした最大値の記録は打撃による対象物の発生音圧がある程度減衰するまでの一定の時間行われ、その後ピークホールド14からの出力を外力基準値として基準値設定器16に格納する。

【0030】同様に打撃により発生した音波をマイクロホン3で電気信号に変換し、増幅器4で、基準値設定モードの最初の1回目の打撃により設定された利得を与える。この増幅された音圧信号を複数個設けられ、それぞれ異なった周波数帯を通過させるように設定されたアナログBPF5に入力し、各周波数帯毎の時系列信号に分離する。

【0031】アナログBPF5で各周波数帯毎に分離された時系列信号は整流器6で直流信号に変換され、ピークホールド7に入力される。ピークホールド7の整流器6からの直流信号の最大値記録動作は、トリガ検出器7からのトリガ信号により開始し、振動用ピークホールド14と同様に対象物の音圧減衰までの一定時間行われる。このようにして各周波数帯毎の瞬間的な最大値が記録される。

【0032】音圧減衰までの一定時間終了後、ピークホールド7により記録された最大値は音圧基準値として基準設定器10に格納される。このような基準値設定モードの動作により、基準値設定器16には打撃の強さを示す情報である外力基準値が格納され、基準値設定器10には打音の各周波数帯における瞬間的な最大音圧を示す情報である音圧基準値が格納される。

【0033】次に対象物の検査を行う検査モードについて説明する。まずハンマ2により対象物とであるAIC板1を打撃する。このとき基準値設定モードの時と同様に、ハンマ2に発生した振動を加振力センサ11で電気信号に変換し、増幅器12で増幅すると共に整流器13で直流に変換される。

【0034】トリガ検出器17も同様に整流器13からの直流信号からトリガ出力を行い、ピークホールド14はトリガ出力から音圧減衰までの一定時間、直流信号の最大値を記録する。検査モードの場合、音圧減衰までの一定時間終了後、ピークホールド14に記録された最大値を比率演算器15に入力し、比率演算器15は、ピークホールド14からの最大値と基準値設定器16に格納されている外力基準値との比率を演算し出力する。

【0035】打撃により発生した音波も基準値設定モードと同様に、マイクロホン3で電気信号に変換すると共に増幅器4で増幅し、アナログBPF5により各周波数帯毎の時系列信号に分離し、整流器6で直流信号に変換され、ピークホールド7に入力される。ピークホールド7は、トリガ出力からの音圧減衰までの一定時間、直流信号の最大値を記録する。

【0036】検査モードの場合、音圧減衰までの一定時間終了後、ピークホールド7により記録された最大値を補正器8に入力し、補正器8は比率演算器15から得られる比率から適切な補正値を演算しピークホールド7から得られる最大値に補正し出力する。

【0037】このとき、例えば振動レベルと音圧の補正を比例で行うとすると、基準値に対して2倍の比率が演算で得られた場合、ピークホールド7に記録された最大値に対して2の値で除算する。つまり基準値設定モード時における加振力に対して検査モード時の加振力が2倍になれば、発生する各周波数帯域毎の音圧も2倍に増加しているものとして得られた最大値を基準値設定モード時の加振力に換算するために2で除算する。

【0038】このようにして補正された最大値は、比較器9で基準値設定器10に格納された音圧基準値と所定の方法あるいは所定の比較基準に基づいて比較される。この実施の形態では、あらかじめ設定された所定の関係から外れた場合に比較結果信号を警報器18に出力する。

【0039】このときの所定の関係とは、例えばあるバンドにおいては、補正された最大値がそのバンドの音圧基準値に対して、例えば80%~120%の範囲内であるとき正常、この範囲から外れたときは範囲外とし比較結果信号を出力するように比較基準を設定しておく。また、他の、あるバンドにおいてはそのバンドの音圧基準値に対して、例えば70%~110%の範囲内を正常として比較結果信号は出さず、範囲外るとき比較結果信号を出すように比較基準を設定しておく。

【0040】さらに、音圧基準値が全体的な音圧に比べて小さい場合には、範囲の下限を解除する等の処置により主成分で無い周波数帯域において誤って比較結果信号を出さないようにする。

【0041】警報器18は、各周波数帯における比較器9からの比較結果信号を入力し、比較結果信号があらかじめ設定された個数、例えば2個を超えると異常と判定するように判定基準が定められ、異常と判定されたとき外部に警報出力する。

【0042】比率判定器19は比率演算器15により求められた比率が所定の関係を超えた時に補正範囲外警報を出力する。この時の所定の関係とは、例えば1/2倍~2倍として設定しておく。すると1/2未満や2倍を超える入力があった場合に補正範囲外警報が出力される。

【0043】このように加振力による補正に範囲の制限を設けることにより、加振力が極端に変化した場合に発生する打撃音の周波数特性が変化する対象物に対しても確実に判定でき、加振力の極端な変化による誤判定を防止することができる。

【0044】なお、補正は、振動信号の大きさに応じて波形分析結果と音圧基準値、つまり比較器9における基

準値設定器10に記憶されている音圧基準値との関係を補正すればよいので、増幅器12の出力、各アナログBPF5の出力、整流器6の出力、あるいは基準値設定器10に記憶されている音圧基準値などのうちの一つあるいは複数を補正するようにしてもよい。

【0045】また、加振力センサ11にて検出される振動の大きさが所定値を超えたときに、ピークホールド14、抽出手段としてのピークホールド7に動作の開始を指令するトリガ検出器17を設けたので、周囲からのノイズ等の影響を軽減し、検査の信頼性を向上させることができる。

【0046】なお、トリガ検出器17のトリガ信号をピークホールド7に与えるものを示したが、マイクロホン3、増幅器4、変換手段としてのアナログBPF5、整流器6、補正手段としての補正器8、比較手段としての比較器9等に与えて最大値の記憶動作の開始あるいは比較動作の開始等をするようにしても同様の効果を奏する。

【0047】基準値設定モード、検査モードの各モード時においてレンジオーバー検出器21は、振動信号についてピークホールド14から得られる最大値を入力し、最大値が所定の関係を超えたときにレンジオーバー警報を出力する。レンジオーバー検出器34は、音の信号についてピークホールド7から得られる最大値を入力し、計測信号が所定の関係を超えたときにレンジオーバー警報を出力する。

【0048】この時の所定の関係とは、例えば計測レンジの99%として設定しておく。この場合、99%を超えた信号が入力されるとレンジオーバー警報が出力される。

【0049】また、基準値設定モード時の最初の1回目の打撃で適切な計測レンジを設定することにより、手で計測レンジを設定する煩わしさが無くなり、操作性が向上する。さらに、手動で設定する際にはレンジが適切でない場合にはS/N比が低下し、検査の信頼性が低下するが、自動で適切なレンジに設定されるためこのようなことは発生せず、検査の信頼性を向上させた打音検査装置を得ることが可能となる。

【0050】また、各信号の入力が飽和する直前でレンジオーバー警報を出力することで、増幅器の飽和による誤判定を防止し、検査の信頼性を向上させた打音検査装置を得ることが可能となる。なお、アナログBPFを用いることで検査を高速に行うことが可能となる。

【0051】実施の形態2。図2は、この発明の他の実施の形態を示すALC板の非破壊検査装置の構成図である。図2において、次の点が図1に示したものと異なるが、他の構成については図1に示したものと同様のものである。ピークホールド7で抽出された各周波数帯域毎の音圧の最大値は補正器8にて補正された後、基準設定器10へ入力される点、及び基準設定器10は入力され

た最大値の平均値を求め、これを音圧基準値とするとともに最大値のばらつきの範囲を求め、そのばらつきの範囲に基づき比較基準を決定する機能を有している点が異なる。

【0052】次に、動作について説明する。まず、健全なALC板1の表面の中央部をハンマ2にて打撃する。このときハンマ2に発生した振動を加振力センサ11でALC板1に加えた外力として検出して電気信号に変換し、ピークホールド14にて最大値を抽出する。ピークホールド14にて抽出された最大値は、基準設定器16に外力基準値として記憶する。このとき、比率演算器15は比率1を出力する。これらは、図1の実施の形態で示したものと同様である。なお、ALC板1の健全性は熟練者による打音検査やX線検査により確認しておく。

【0053】一方、ピークホールド7により抽出された音圧信号の最大値は、上記比率演算器15が出力する比率が1であるので補正器8をそのまま通過し基準設定器10に入力され、音圧基準値として記憶される。

【0054】次に、各周波数帯域ごとの音圧信号の最大値の平均値を求め音圧基準値とする。また、最大値のばらつきを求める。例えば、健全なALC板1面の異なる100箇所を、その端部から中央部に向けて順次所定寸法ずつ移動させながら、打撃する。打撃毎に得られる音圧の最大値、すなわちピークホールド7にて抽出された各周波数帯域毎の最大値は、補正器8にて比率演算器15の算出する比率にて補正され、基準値設定器10に記憶される。すなわち、比率が1.2ならば、今回の加えられた外力は先に基準設定器16に外力基準値を記憶させたときの外力の1.2倍であったとして、1.2で除して正規化する。このようにして、各周波数帯域毎に100個のデータを得る。

【0055】そして、その最大値の平均値を求めてこれを音圧基準値とする。また、最大値のばらつきの範囲を各周波数帯域毎に求める。例えば、周波数帯域番号A1においては、音圧基準値を100として90~110、周波数帯域番号A2においては80~120のごとく、以下全28帯域についてそのばらつきの範囲を求める。そして、上記のようにして定めたばらつきの範囲内ならば比較器9は比較結果信号を出さず、これをはみ出せば比較結果信号を警報器18に出力するように定める。正常な状態のALC板が発する打撃音の把握しきれていないばらつきの存在の可能性を考慮して、さらに5~10%程度の余裕をもたせてもよい。

【0056】警報器18においては、正常であっても上記20箇所から得られたデータからはみ出す可能性があるとして、比較結果信号が1個出されただけでは異常と判定せず、3個以上の時に異常と判定して、警報するようにする。

【0057】以上のように、健全なALC板を打撃して振動信号の周波数帯域毎の時系列信号の最大値を求め、

これを基準にして比較を行うので、A/LC板にしかるべき欠陥があれば上記周波数帯域のどこかで異常が現れ比較基準からはみ出すので、確実に欠陥を検出できる。なお、上記の方法で設定した比較基準を、さらに後の実際の検査において得られたデータによって修正し、学習させることもできる。

【0058】実施の形態3。実施の形態1では各周波数帯域毎の最大値を求めるのに、アナログBPFを用いたが、デジタルBPFを用いてもよい。この実施の形態ではデジタルBPFを用いた場合について図3の構成図に基づいて説明する。図3において、51は整流器13からのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器、52は増幅器4からのアナログ信号をデジタル信号に変換するA/D変換器である。53はA/D変換器51の出力の最大値を演算する最大値演算器である。

【0059】61はデジタル信号を各周波数帯域毎の時系列信号に変換する変換手段としてのデジタルBPFである。デジタルBPF61は、例えば図1の実施の形態と同様に人間の可聴域である20~20,000Hzをほぼ網羅すべく31.25~16,000Hzまでの9オクターブ分を対象とし、1/3オクターブ毎の分解能を与えるとして全28バンド分設ける。62はデジタルBPFからの交流信号を整流する整流器、63は整流されたデジタル信号から最大値を抽出する抽出手段としての最大値演算器である。

【0060】64は補正器であり、比率演算器15から得られる比率により最大値演算器63が出力する最大値を補正して補正值を出力する。65は比較器であり、補正器64の出力と基準値設定器66に格納された音圧基準値とを所定の方法で比較する。なお、整流器62、ピークホールド回路63、補正器64、比較器65、基準値設定器66は全28バンド分設けられたデジタルBPF61にそれぞれ対応して28個設けられている。

【0061】41は最大値演算器であり、整流器31により整流されたA/D変換器52からのデジタル信号から最大値を抽出する。その他の構成については、図1に示されたものと同様のものであるので、相当するものに同一符号を付して説明を省略する。

【0062】次に動作を説明する。まず、基準となる対象物を用いて各基準値を設定する基準値設定モードについて説明する。A/D変換器51は、整流器13からのアナログの直流信号をデジタル信号に変換する。このとき、A/D変換器51はトリガ検出器17からのトリガ信号を受けて動作を開始し、打撃による対象物の発生音圧が所定値以下に減衰するまでの一定の時間継続して行われる。最大値演算器53は、A/D変換器51からデジタル信号の最大値を抽出し、この最大値が基準値設定器16に外力基準値として収納される。

【0063】同様に、打撃により発生した音波は、マイクロホン3で電気信号に変換され、増幅器4で適当な利

得を与えられた後、A/D変換器52でデジタル信号に変換される。このとき、A/D変換器52はトリガ検出器17からのトリガ信号により動作を開始し、打撃による対象物の発生音圧が所定値以下に減衰するまでの一定時間の間動作する。この変換されたデジタル信号は、それぞれ異なった周波数帯域を通過させるように設定された28個のデジタルBPF61に入力され、各周波数帯域毎の時系列信号に分離される。

【0064】デジタルBPF61で各周波数帯域毎に分離された時系列信号は整流器62で直流信号に変換され、最大値演算器63に入力される。最大値演算器63は、この直流信号の最大値を抽出し、基準値設定器66に格納する。このようにして各周波数帯域毎の瞬間的な最大値が抽出され、音圧基準値として基準値設定器66に格納される。

【0065】このような基準値設定モードの動作により、基準値設定器16には打撃の強さを示す情報である外力基準値が格納され、基準値設定器66には打音の各周波数帯域における瞬間的な最大音圧を示す情報である音圧基準値が格納される。

【0066】次に対象物の検査を行う検査モードについて説明する。まずハンマ2により対象物であるA/LC板1を打撃する。このとき基準値設定モードの時と同様に、ハンマ2に発生した振動を加振力センサ11で電気信号に変換し、増幅器12で増幅すると共に整流器13で直流に変換する。トリガ検出器17も同様に整流器13からの直流信号からトリガ信号を出力し、A/D変換器51はトリガ出力から音圧減衰までの一定時間、直流信号をデジタル信号に変換する。最大値演算器53はデジタル信号の最大値を抽出し出力する。

【0067】検査モードの場合、最大値演算器53により抽出された最大値は比率演算器15に入力され、比率演算器15は、最大値と基準値設定器16に格納されている外力基準値との比率を演算し出力する。

【0068】打撃により発生した音波も基準値設定モードと同様に、マイクロホン3で電気信号に変換すると共に増幅器4で増幅し、A/D変換器52によりデジタル信号に変換される。このときA/D変換器52の動作はトリガ検出器17からのトリガ信号により開始され、音圧減衰までの一定時間行われる。デジタル信号はデジタルBPF61により各周波数帯域毎の時系列信号に分離され、整流器62で直流信号に変換され、最大値演算器63に入力される。最大値演算器63は、直流信号の最大値を抽出し出力する。

【0069】検査モードの場合、最大値演算器63により抽出された最大値は補正器64に入力され、補正器64は比率演算器15から得られる比率に基づき適切な補正值を演算し最大値演算器63から得られる最大値を補正し出力する。

【0070】補正された最大値は、比較器65で基準値

設定器 66 に格納された音圧基準値と比較され、あらかじめ設定された所定の関係から外れた場合に比較結果信号が警報器 18 に出力される。設定する所定の関係は、図 1 に示した実施の形態と同様に、例えばあるバンドにおいては、補正された最大値がそのバンドの音圧基準値に対して 80%~120% の範囲内であるとき正常として比較結果信号は出さず、この範囲から外れたとき、すなわち 80% 未満及び 120% 超のとき異常として比較結果信号を出力するように設定しておく。また、他の、あるバンドにおいてはそのバンドの音圧基準値に対して 70%~110% から外れたとき範囲外として比較結果信号を出すように設定しておく。

【0071】また、音圧基準値が全体的な音圧に比べて小さい場合には、下限側の比較を解除する等の処置により主成分で無い周波数帯域において誤って比較結果信号を出さないようにする。警報装置 18 は、入力された比較結果信号があらかじめ設定された数、例えば 2 個を超えると報知要としてブザーを鳴らすとともにランプを点滅して警報する。

【0072】このように各周波数帯域毎の時系列信号を求める手法としてデジタル BPF 61 を用いることで装置を小型化できるとともに、ソフトウェア (S/W) で処理するためフィルタ特性の変更や診断する周波数帯域の追加などに柔軟に対応することが可能である。

【0073】実施の形態 4。図 4 は、さらにこの発明の他の実施の形態を示す ALC 板の非破壊検査装置の構成図である。図 3 の実施の形態では各周波数帯域毎の最大値を求めるのに、デジタル BPF を用いたが、ウェーブレット変換 (Wavelet Transform) を用いてもよい。以下、ウェーブレット変換を用いた場合について図 4 の構成図に基づいて説明する。

【0074】この実施の形態においては、ウェーブレット変換演算器 71 を設け、各周波数帯域毎の時系列信号を求めるようにしたものであり、その他の動作は、図 3 の実施の形態と同様である。なお、ウェーブレット変換は、その解析演算により実効値を算出するので、整流手段を設ける必要はない。

【0075】図において、71 は変換手段としてのウェーブレット変換 (Wavelet Transform) 演算器であり、基底関数 (マザーウェーブレット) を拡大あるいは縮小することにより、デジタル音圧信号を各周波数帯域毎の時系列信号に分離する。ウェーブレット変換された信号は、28 組設けられた最大値演算器 63、補正器 64、比較器 65 に入力される。

【0076】比較器 65 は、図 1 や図 3 に示されたものと同様に基準値設定器 66 に格納された音圧基準値と比較され、あらかじめ設定された所定の関係に該当する場合に比較結果信号を警報器 18 に出力する。

【0077】この際に、測定波形や観測したい現象に合わせて適切な基底関数を選択することにより周波数の分

離特性が向上し、検査の信頼性を向上させることができる。また、ウェーブレット変換演算器を用いることで装置を小型化することができる。

【0078】実施の形態 5。図 5 は、さらにこの発明の他の実施の形態を示す ALC 板の非破壊検査装置の構成図である。図 3 の実施の形態では各周波数帯域毎の最大値を求めるのに、デジタル BPF を用いたが、短時間 FFT を用いてもよい。以下、短時間 FFT を用いた場合について図 5 に基づいて説明する。この実施の形態においては、短時間 FFT 演算器 81 を設け、各周波数帯域毎の時系列信号を求めるようにしたものである。

【0079】その他の動作は、図 3 に示した実施の形態と同様である。なお、短時間 FFT は、その解析演算により実効値を算出するため、整流手段を設ける必要はない。図 5 において、81 は変換手段としての短時間 FFT (SFFT: Short-Time Fast Fourier Transform) 演算器であり、各周波数帯域毎の時系列信号を求めるようにしたものである。

【0080】このようにフーリエ変換器である短時間 FFT 演算器 81 を設けて各周波数帯域毎の時系列信号を求めることにより、周波数の分解能を向上させることができる。

【0081】従って、短時間 FFT の優れた分解能を利用して、コンクリートの性状や構成により周波数の変化に特徴が現れるといった場合に診断の信頼性を向上させることができる。また、短時間 FFT 演算器を用いることで装置を小型化することができる。

【0082】また、上記各実施の形態においてはハンマで外力を加えるものを示したが、他の手段により外力が加えられるもの、電磁波やシリンダ等により加振力を与えるものにも用いることができる。

【0083】上記各実施の形態においては、外力を加振力センサ 11 にて検出し、打撃音をマイクロホン 3 で検出するものを示したが、打撃音についてマイクロホンの代わりに振動検出器を用いてもよい。なお、上記各実施の形態においては、可聴周波数のものを音、これより広い周波数範囲のものを振動と呼んでいるが、この発明においては、検査装置は音によるものに限らず、音と振動を区別せず、振動によるものを含むものである。

【0084】なお、警報器 18 により警報するものを示したが、このような判定における各信号や演算された値、例えば図 1 の実施の形態において設定器 10 に記憶された各音圧基準値及び比較器 9 に設定された比較結果信号を出すか否かの基準となる範囲、比率演算器 15 により算出された補正值、判定における各補正器 8 からの補正された最大値等を点や帯状に CRT に表示し、かつ範囲外となったものは赤色等で色分けするなどして、容易に確認できるようにして、操作性を向上させることもできる。



【0085】補正器8により補正された最大値を正常範囲に重ねて図示し、視覚的に把握できるようにすることもできる。このとき、比較結果が所定の関係から外れた場合は、そのとき検出された最大値を赤色で表示する等してもよい。

【0086】なお、このような検査装置は、対象がALC板に限られるものではなく、他のコンクリート板やコンクリートの壁等他のものの内部欠陥の検査に用いることができる。

【0087】また、実施の形態3～5に示した音圧基準値、比較基準の代わりに、実施の形態2に示したものと同様の定め方により求めた音圧基準値、比較基準を用いることもできる。

【0088】

【発明の効果】本発明は、以上に説明したように構成されているので、次に記載するような効果を奏する。

【0089】外力を加えられたコンクリートから発生する振動を振動信号として検出する信号検出手段と、振動信号を複数の所定の周波数帯域毎の時系列信号に変換する変換手段と、時系列信号の最大値を周波数帯域毎に抽出する抽出手段と、各最大値をあらかじめ設定された周波数帯域毎の振動基準値と比較する比較手段とを設けたので、打音の特徴でもある発生直後の大きな音圧の周波数分布を的確に把握でき、比較の信頼性を向上させることができる。

【0090】また、変換手段は振動信号の所定の周波数帯域の周波数成分を通過させる複数の帯域フィルタであり、抽出手段は各帯域フィルタを通過した周波数成分を整流しこの整流された周波数成分の各ピーク値の内最大のものを各々最大値として抽出するものであることを特徴とするので、変換手段を帯域フィルタとすると、処理を高速に行うことができ、装置も簡易で、安価になる。また、抽出手段は整流された周波数成分から最大値を抽出するので、振動信号の負符号部に最大値がある場合でも検出でき、振動信号が急激に減衰する場合でも的確に比較できる。

【0091】さらに、変換手段は振動信号をウェーブレット変換するウェーブレット変換手段であり、抽出手段はウェーブレット変換手段による変換結果に基づき周波数帯域毎の最大値を抽出するものであることを特徴とするので、各周波数帯域毎の時系列信号に分離する際の特徴を向上させることができ、比較及び検査の信頼性を向上させることが可能となる。

【0092】そして、変換手段を短時間高速フーリエ変換手段とし、抽出手段を短時間高速フーリエ変換手段による変換結果に基づき周波数帯域毎の最大値を抽出するものとしたので、周波数の分解能を向上させることができる。

【0093】さらに、加えられた外力の大きさを検出する外力検出手段を設けるとともに、外力の大きさに応じ

て振動信号、時系列信号、最大値、及び振動基準値の少なくとも1つを補正する補正手段を設けたことを特徴とするので、外力の大きさに応じて補正することにより、比較手段における比較において外力の大きさのばらつきの影響を受けるのを防止でき、比較の信頼性が向上する。

【0094】また、加えられた外力の大きさを検出する外力検出手段を設けるとともに、外力の大きさが所定値を超えたとき信号検出手段、変換手段、抽出手段、及び比較手段の少なくとも1つの動作の開始を指令する指令手段を設けたことを特徴とし、指令が出されるまで動作を開始しないので、指令がないときの周囲の騒音、振動、雑音等を振動信号として誤って処理をするおそれがない。従って、これらによる影響を防止でき、検査の信頼性が向上する。

【0095】さらに、加えられた外力の大きさを外力信号として検出する外力検出手段を設けるとともに、外力信号を予め設定された外力基準値にて除した比率を求める比率演算手段と、上記比率に基づき振動信号と時系列信号と最大値と振動基準値とのうちの少なくとも1つを補正することにより比較手段における最大値と振動基準値との関係を変更する補正手段と、上記比率が所定範囲内であるか否かを判定する比率判定手段とを設けたことを特徴とするので、所定範囲外となるような不適切な外力を与えたことが判り、比較の信頼性を向上させることができる。

【0096】さらに、外力信号を増幅して増幅外力信号として出力する外力信号増幅手段と振動信号を増幅して増幅振動信号として出力する振動信号増幅手段とを設け、比率演算手段を増幅外力信号を外力信号として用いるものとし、変換手段を増幅振動信号を振動信号として用いるものとし、増幅外力信号と増幅振動信号との少なくとも一方の波高値が所定値を超えたことを検出するレンジオーバー検出手段を設けたことを特徴とするので、増幅外力信号や増幅振動信号が所定値を超えたことを、すなわち外力信号増幅手段や振動信号増幅手段が飽和するような大きな信号が入力されたことを検出して、検査の信頼性の確保が可能となる。

【0097】また、外力信号増幅手段と振動信号増幅手段との少なくとも一方の増幅率を自動的に設定する増幅率自動設定手段を設けたことを特徴とするので、増幅外力信号や増幅振動信号が適切な出力範囲となるように増幅率を容易に設定することができ、操作性が向上する。また、S/N比の低下を防止でき検査の信頼性も向上する。

【0098】そして、比較手段は、コンクリートの状態が所定の状態のときに得られる振動信号に基づいて設定された振動基準値に基づき比較を行うものであることを特徴とするので、コンクリートの状態に即した振動基準値を容易に設定することができ、検査の信頼性を向上さ

せることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施の一形態であるALC板の非破壊検査装置の構成図である。

【図2】 この発明の他の実施の形態であるALC板の非破壊検査装置の構成図である。

【図3】 さらに、この発明の他の実施の形態であるALC板の非破壊検査装置の構成図である。

【図4】 さらに、この発明の他の実施の形態であるALC板の非破壊検査装置の構成図である。

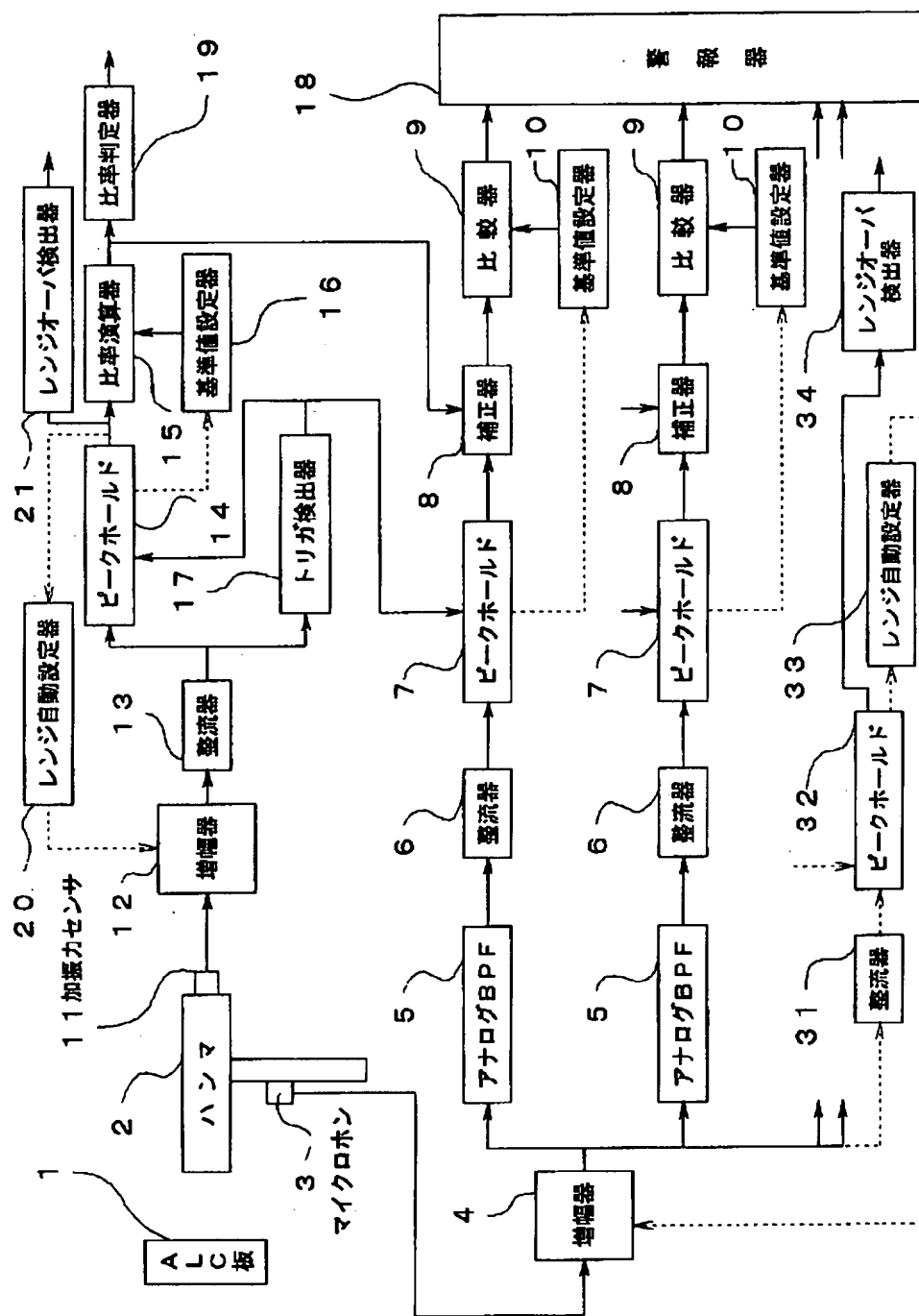
【図5】 さらに、この発明の他の実施の形態であるALC板の非破壊検査装置の構成図である。

【符号の説明】

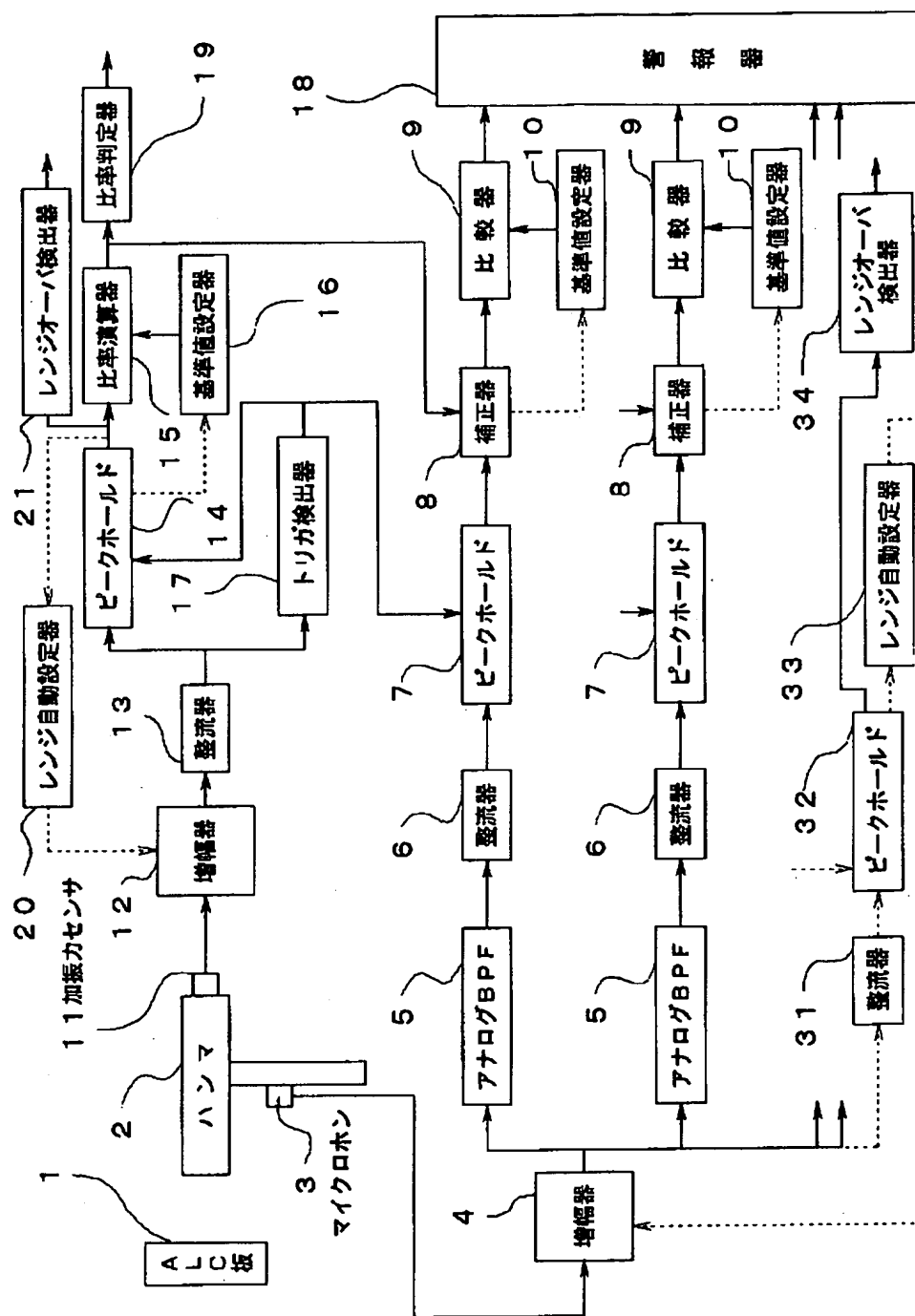
1 ALC板、2 ハンマ、3 マイクロホン、4 増\*

\* 幅器、5 アナログBPF、6 整流器、7 ピークホールド回路、8 補正器、9 比較器、10 基準値設定器、11 加振力センサ、12 増幅器、13 整流器、14 ピークホールド、15 比率演算器、16 基準値設定器、17 トリガ検出器、18 警報器、19 比率判定器、20 レンジ自動設定器、21 レンジオーバー検出器、31 整流器、32 ピークホールド、33 レンジ自動設定器、34 レンジオーバー検出器、41 最大値演算器、51、52 A/D変換器、53 最大値演算器、61 デジタルBPF、62 整流器、63 最大値演算器、64 補正器、65 比較器、66 基準値設定器、71 ウェーブレット変換演算器、81 短時間FFT演算器。

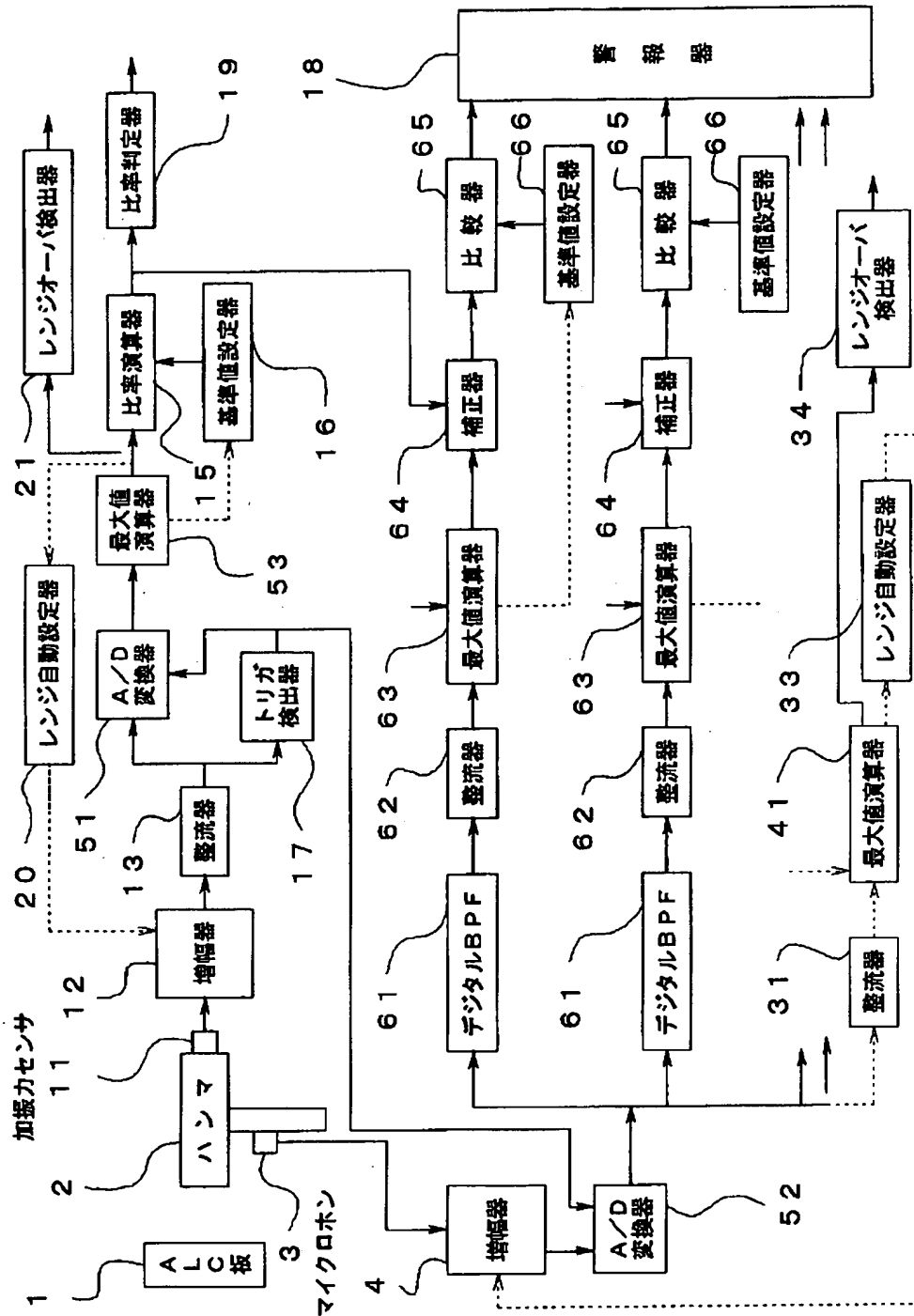
【図 1】



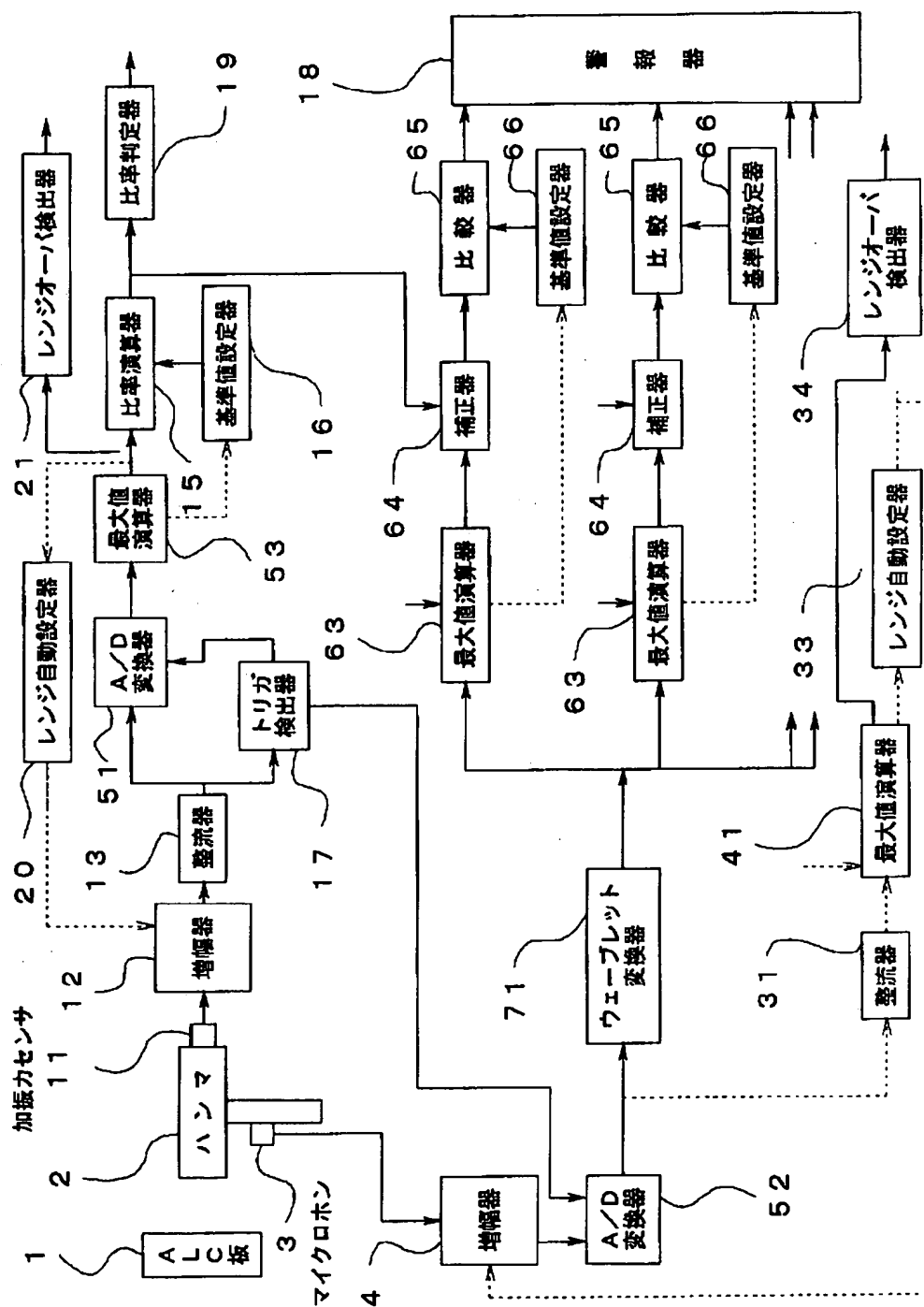
【図 2】



【図3】



【図4】



Fターム(参考)	2G047	AA10	BA04	BC04	BC07	CA03
		CA07	EA01	EA04	EA11	EA12
		GA18	GF11	GG08	GG12	GG15
		GG17	GG24	GG33	GG41	GH05